

## AUDITORÍAS ENERGÉTICAS EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN RÍO GRANDE, TIERRA DEL FUEGO

**Díaz Cristian J., Czajkowski Jorge D.**

Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de La Plata  
Calle 47 N° 162. CC 478 (1900) La Plata. Tel-fax: + 54 (221) 423-6587 / 90 int. 255  
E-mail: [diazcristian007@yahoo.com.ar](mailto:diazcristian007@yahoo.com.ar); [czajko@gmail.com](mailto:czajko@gmail.com)

**RESUMEN:** Se muestran los resultados alcanzados en las auditorías energéticas y encuestas detalladas realizadas en viviendas de interés social en la ciudad de Río Grande, Tierra del Fuego. En base a esto se compararon: las tecnologías utilizadas en los sistemas constructivos; los consumos de energía; y se relaciona a esto último la opinión del usuario en la respuesta de la vivienda al clima. Se realizaron balances térmicos con programas computacionales en 18 casos. Los resultados alcanzados permitieron verificar la hipótesis que, la mayor parte de los elementos de la envolvente de los edificios no cumplen con los valores de transmitancia térmica establecidos por Normas IRAM. Se pudo determinar que el uso excesivo de gas natural utilizado para calefacción es consecuencia del alto subsidio al mismo.

**Palabras clave:** Ahorro y uso eficiente de la energía, comportamiento térmico, vivienda interés social.

### INTRODUCCIÓN.

Continuando con estudios realizados en los últimos dos años, sobre viviendas en el extremo sur-patagónico (Díaz y Czajkowski, 2003; 2005) perteneciente al plan de trabajo de una beca doctoral otorgada por el CONICET, se analizan las viviendas auditadas en el periodo de verano e invierno, con características constructivas, diseño arquitectónico y periodo de operatorias diferentes para tratar la mayor cantidad de ejemplos del universo de viviendas de interés social de la ciudad de Río Grande.

En dicho plan se plantea como hipótesis general que la implementación de medidas de ahorro y uso racional de la energía en vivienda y edificios de viviendas en el extremo sur-patagónico permitiría mejorar significativamente su comportamiento ambiental con amortización a corto plazo. Esto aun considerado en la ecuación económica el subsidio del 67% que reciben los usuarios en sus facturas de gas natural.

El conocimiento del yacimiento potencial de ahorro de energía en el sector residencial sur-patagónico permitiría justificar la implementación de un programa de manejo sustentable de los recursos energéticos.

El desarrollo de una guía de “Diseño Ambientalmente Conciente” – DAC- aplicado a la construcción de viviendas de interés social facilitaría significativamente la implementación del programa por parte de Arquitectos e Ingenieros de los Institutos Provinciales de Vivienda (IPV) y profesionales de empresas constructoras radicadas en la región.

El plan de trabajo se encuentra en una segunda etapa, en la cual se ha comenzado a sistematizar el conocimiento adquirido durante el primer periodo, abarcando las variables exógenas y endógenas que permitieron identificar en forma integral el universo de las viviendas construidas por el Estado en el extremo sur-patagónico. Entre los temas abordados se ha explorado sobre los procesos constructivos y tecnologías predominantes de las diferentes operaciones (Figura 1), como así también la influencia en la toma de decisiones por parte del IPV como por las empresas constructoras.

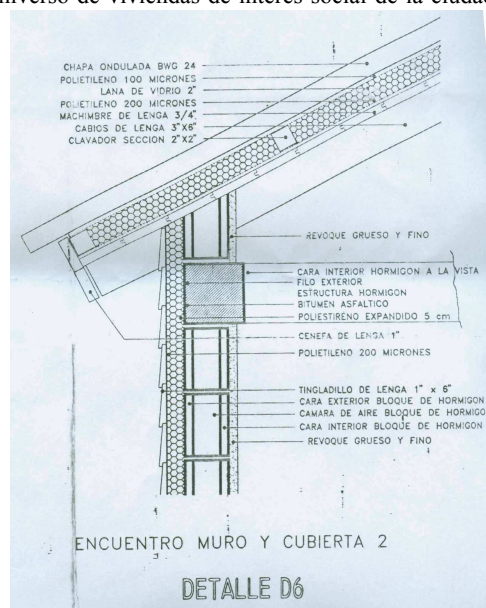


Figura 0: Detalle perteneciente a la operatoria de 40 duplex Chacra IV, sistema constructivo tradicional, correspondiente a los planos N° D1 y J cedidos por el IPV, distrito zona norte TDF. Empresas constructoras responsables “HABITAT” y “PETROCON”.

Los tipos edilicios encontrados en el universo de viviendas de interés social en la provincia de Tierra del Fuego son diversos, abarcando: tira, bloque, aislada y apareadas (Figura 2). El diseño de estas en cuanto a forma y tecnología fue variado a lo largo del tiempo, respondiendo generalmente a la demanda. En sus inicios correspondían a viviendas individuales o apareadas, luego se adoptaron los edificios con las viviendas de departamentos. Actualmente, en el nuevo plan de viviendas se está volviendo al implementar la estrategia original de viviendas individuales o apareadas.



Figura 2: Algunas tipologías del universo de viviendas auditadas en la ciudad de Río Grande, Tierra del Fuego.

En cuanto a la elección del sitio de implantación se pudo observar un intento de selección de orientaciones preferenciales para su situación climática ya que en las viviendas de los barrios auditados, la orientación de los frentes de los mismos prevalece el N, NO NE. No se refleja un criterio similar en cuanto el diseño de protección del viento ya que no cuentan con elementos que disminuyan su impacto. En cuanto al planteo del sistema constructivo es variado, pasando por el sistema prefabricado liviano, pesado y tradicional. Es de destacar que todas las viviendas auditadas cuentan con carpinterías con doble vidrio hermético.

## METODOLOGÍA DE TRABAJO.

Los estudios se realizaron sobre 18 casos, los cuales fueron seleccionados por su accesibilidad y porque logran las mayores variedades de tipologías y sistemas constructivos posibles. De los 18 casos edilicios relevados 44% corresponde a sistema constructivo pesado, 28% al liviano y 28% al tradicional.

Para la evaluación de las condiciones higrotérmicas se utilizaron mini-almacenadores electrónicos de datos tipo HOBO, una estación meteorológica de dos canales tipo HOBO y termómetros digitales de temperatura y humedad de máxima y mínima; luego se sistematizaron los datos obtenidos en un entorno Excel. Se realizaron estudios del comportamiento higrotérmico de la envolvente para lo cual se determinaron los valores de transmitancia térmica para cada sistema de cerramiento de las diferentes tipologías con el programa Eval\_K, estos valores se compararon con los valores mínimos establecidos por Normas IRAM 11605:1996 para verificar su cumplimiento para el nivel B. Luego se desarrollaron los balances térmicos con el programa AuditCAD que permite procesar y analizar de manera rápida y eficiente con una interfaz gráfica, apoyada en bases de datos de sistemas constructivos, datos climáticos y consumos de energía, discriminado en electricidad (EE) y gas natural (GN) (Czajkowski, 1999). Se verificaron las condiciones establecidas en normas de habitabilidad y se obtuvo un balance térmico-energético. Para el análisis de los datos que surgen de las encuestas socio energéticas utilizamos el procedimiento propuesto por (Yung et al.; 2004).

La modelización energética del universo de casos auditados se dividió en tres grandes grupos, a los fines prácticos, que luego se integran para su análisis. Este criterio es coincidente con el peso de la tecnología empleada en el sistema constructivo: sistema constructivo pesado, semi-pesado o tradicional y liviano. A lo largo del trabajo las viviendas fueron clasificadas de acuerdo a su nombre de auditoria A01, A02, etc.

## RESULTADOS

### Estudios térmicos:

a. *Transmitancia térmica:* En la tabla 1 y 2 se indican los valores de transmitancia térmica y la verificación del valor máximo admisible para el nivel B correspondientes a distintos elementos de la envolvente de los edificios analizados. Consideramos para nuestro estudio el  $K_{adm}$  correspondiente a los datos, según Norma IRAM de invierno (Temp. diseño Río Grande, Tierra del Fuego - 8,1°C) ya que para esta zona consideramos suficiente con su verificación.

Descripción		Sistema constructivo							
		Pesado							
		A01	A05	A06	A07	A08	A23	A24	A25
$K_{adm}$ Invierno	K muro 0,72 W/m <sup>2</sup> .K	0,87	0,87	2,47	0,91	0,87	0,91	0,91	2,47
	K techo 0,61 W/m <sup>2</sup> .K	2,00	2,00	0,96	2,00	2,00	2,00	2,00	0,96

Tabla 1: Planilla resumen de datos obtenidos para coeficientes de transmitancia térmica  $K$  para viviendas de interés social auditadas y verificación de los valores máximos admisibles para invierno, Nivel B, establecidos por Norma IRAM 11604:1996.

Descripción		Sistema constructivo									
		Tradicional					Liviano				
		A10	A11	A20	A21	A26	A02	A03	A09	A12	A18
K <sub>adm</sub> Invierno	K muro 0,72 W/m <sup>2</sup> .K	0,81	1,05	1,05*	1,05	0,81	0,83*	1,35*	0,98*	0,58	0,62*
	K techo 0,61 W/m <sup>2</sup> .K	0,61	0,90	1,17	0,66	0,61	0,68	0,70*	1,8*	0,60	0,60

Tabla 2: Planilla resumen de datos obtenidos para coeficientes de transmitancia térmica K para viviendas de interés social auditadas y verificación de los valores máximos admisibles para invierno, Nivel B, establecidos por Norma IRAM 11604:1996.

A partir del análisis de los resultados obtenidos, observamos que 11,1% de los muros y el 22,2% de los techos no verifican la Norma. Remarcamos los valores de K con un asterisco para diferenciar aquellos casos que tienen sistemas constructivos combinados o en los cuales se efectuaron ampliaciones con otra tecnología, para estos casos el valor corresponde a la transmitancia térmica ponderada.

En cuanto a este tema podemos mencionar que en los casos de las viviendas auditadas A02, A03 y A09 en sus ampliaciones hubo una cierta peora del sistema constructivo, siendo los valores de las transmitancias térmicas en sus inicios de 0,71 W/m<sup>2</sup>.K, 0,90 W/m<sup>2</sup>.K y 0,68 W/m<sup>2</sup>.K correspondientemente para el cerramiento muro, para el K del techo no existe una variación considerable entre la tecnología de la vivienda en sus inicios y su posterior modificaciones.

b. *Opinión de los usuarios sobre habitabilidad:* En este apartado se analiza la opinión de los usuarios sobre el comportamiento de la vivienda y su respuesta al clima. En lo que se refiere a esto las encuestas detalladas tiene la siguiente clasificación:

Comportamiento de la vivienda en invierno	Comportamiento de la vivienda en verano
Muy frías	Muy fresca
Más fría que cálida	Más fresca que calurosa
Más cálida que fría	Más calurosa que fresca
Muy cálida	Muy calurosa

Tabla 3: Clasificación de la opinión del usuario sobre el comportamiento de la vivienda en invierno y verano.



Figura 3: Porcentajes según auditoria de la opinión del usuario sobre el comportamiento de la vivienda en invierno y verano.

En la Figura 3 podemos observar que más allá de la época del año alrededor de la mitad de los usuarios consideran a las viviendas "calurosas". Debemos aclarar que las temperaturas medias para el periodo de medición en invierno fue de 1,79 °C y en verano 11,31 °C.

Podemos notar que el clima no influye ni está relacionado con las características bioclimáticas de las viviendas. Si encontramos que esta ponderación por parte de los usuarios, se debe a que los equipos de calefacción se conservan encendidos durante las 24 horas del día, durante todo el año. También podemos decir que estas opiniones superan cualquier variable respecto a la calidad térmica en los sistemas constructivos, en la orientación y dimensiones de las superficies vidriadas, ya que alcanzan el confort higrotérmico sin ser conscientes del consumo de energía o de las condiciones climáticas del sitio. Este comportamiento social-energético surge del alto nivel del subsidio directos existentes en el extremo sur-patagónico (Díaz y Czajkowski, 2004).

c. *Consumo de gas natural - GN:* En este apartado se analiza el consumo de GN facturado en verano e invierno, dividido por sistema constructivo y se discute el nivel de confort. En la Figura 4 se muestra el consumo de GN para las diferentes viviendas auditadas. En lo que respecta a la climatización de invierno, en los casos auditados se destacan en 88,9% los equipos individuales tiro balanceado y en 11,1% se relevó con sistema de calefacción central por radiadores.

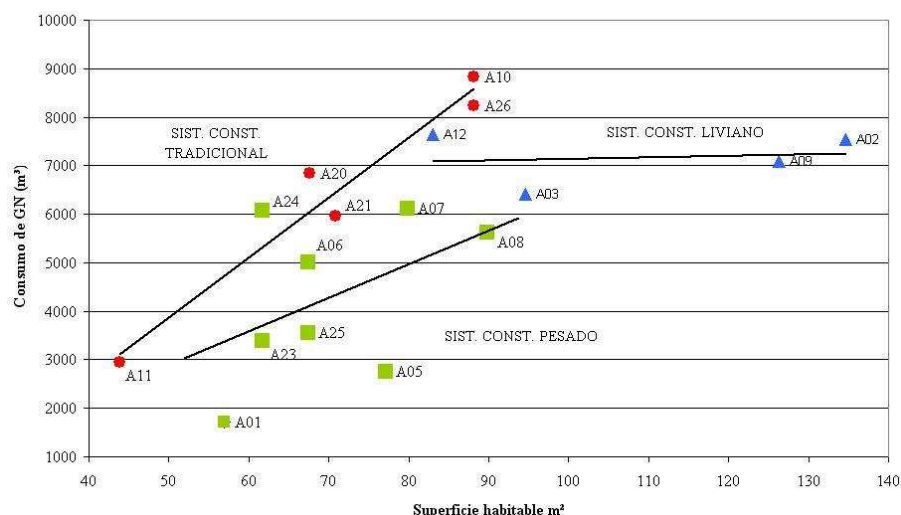


Figura 4: Consumo de GN anual facturado de las viviendas auditadas, discriminada por sistema constructivo: Sistema constructivo tradicional (círculo); Sistema constructivo liviano (triángulo) y Sistema constructivo pesado (cuadrado).

De la figura 4 podemos interpretar que los casos del sistema constructivo tradicional muestran baja dispersión y alta tasa de consumo de GN respecto de la superficie habitable. Lo opuesto sucede con los casos del sistema constructivo liviano donde hay escasa variación en el consumo respecto de la superficie. En ambos casos son viviendas unifamiliares con alta exposición al ambiente. Por otra parte los casos del sistema constructivo pesado que representan a departamentos agrupados en bloques de tres a cuatro pisos muestran una gran dispersión en la tendencia de consumo de GN. En trabajos anteriores mostramos que éstos tienen un comportamiento particular por encontrarse en medio de otros departamentos calefaccionados a similar temperatura, no poseen intercambio de calor hacia arriba y abajo con lo cual sus pérdidas son en los planos verticales. A esto se le agrega que los cerramientos horizontales poseen un  $K = 2 \text{ W/m}^2\text{K}$  cada uno, generando en el departamento medio una menor demanda de energía en calefacción (Díaz y Czajkowski, 2005).

d. *Diagnóstico energético*: En la realización del análisis energético mediante “Auditcad” se adoptó, tanto para verano como para invierno, la temperatura interior de confort de  $20^\circ\text{C}$  para adecuarlo a las Normas IRAM. Esta elección está sustentada en trabajos anteriores donde quedó demostrado que los usuarios tienen un comportamiento similar y constante en el uso de energía para calefacción, durante todo el año (Díaz y Czajkowski, 2004; 2006).

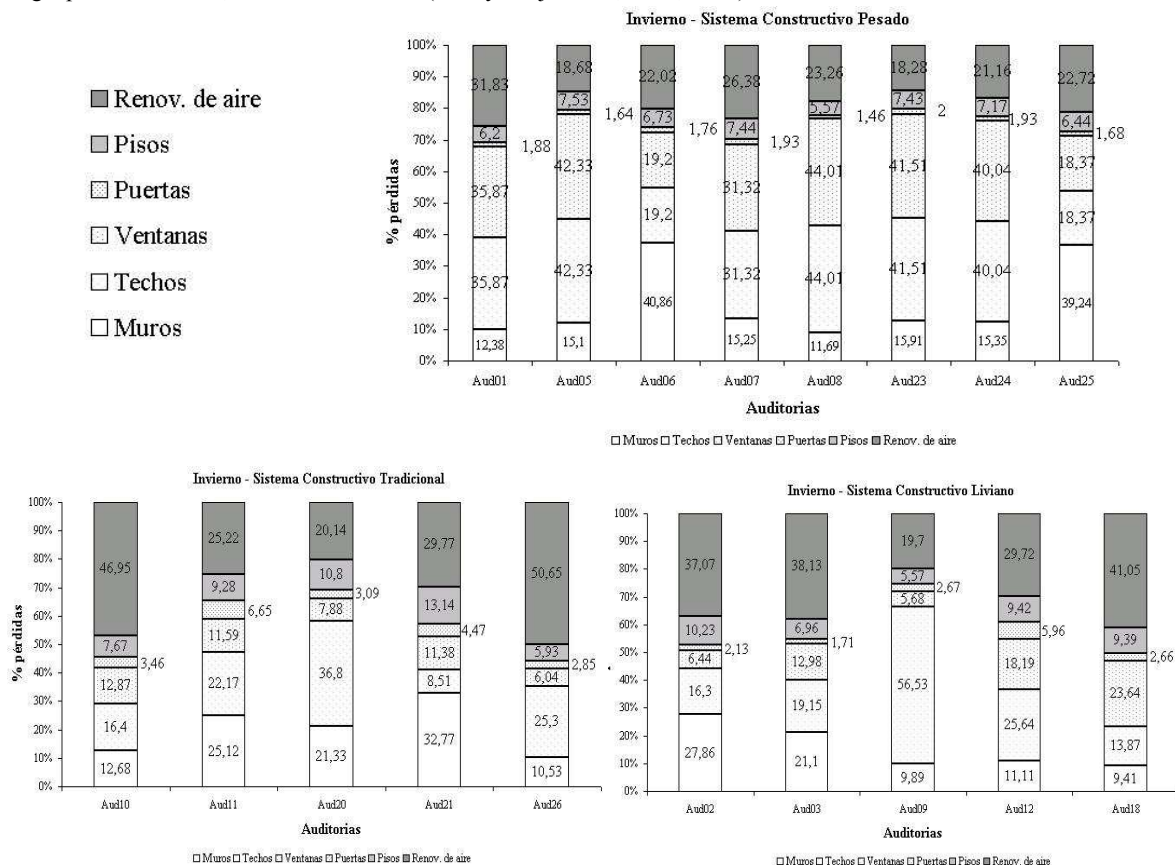


Figura 5: Asignación porcentual de pérdidas térmicas según balance en  $\text{W}/^\circ\text{C}$  para invierno.



La condición de verano e invierno en cuanto a las pérdidas térmicas se muestra en las figuras 5 y 6 para cada vivienda auditada, agrupadas por sus similitudes constructivas.

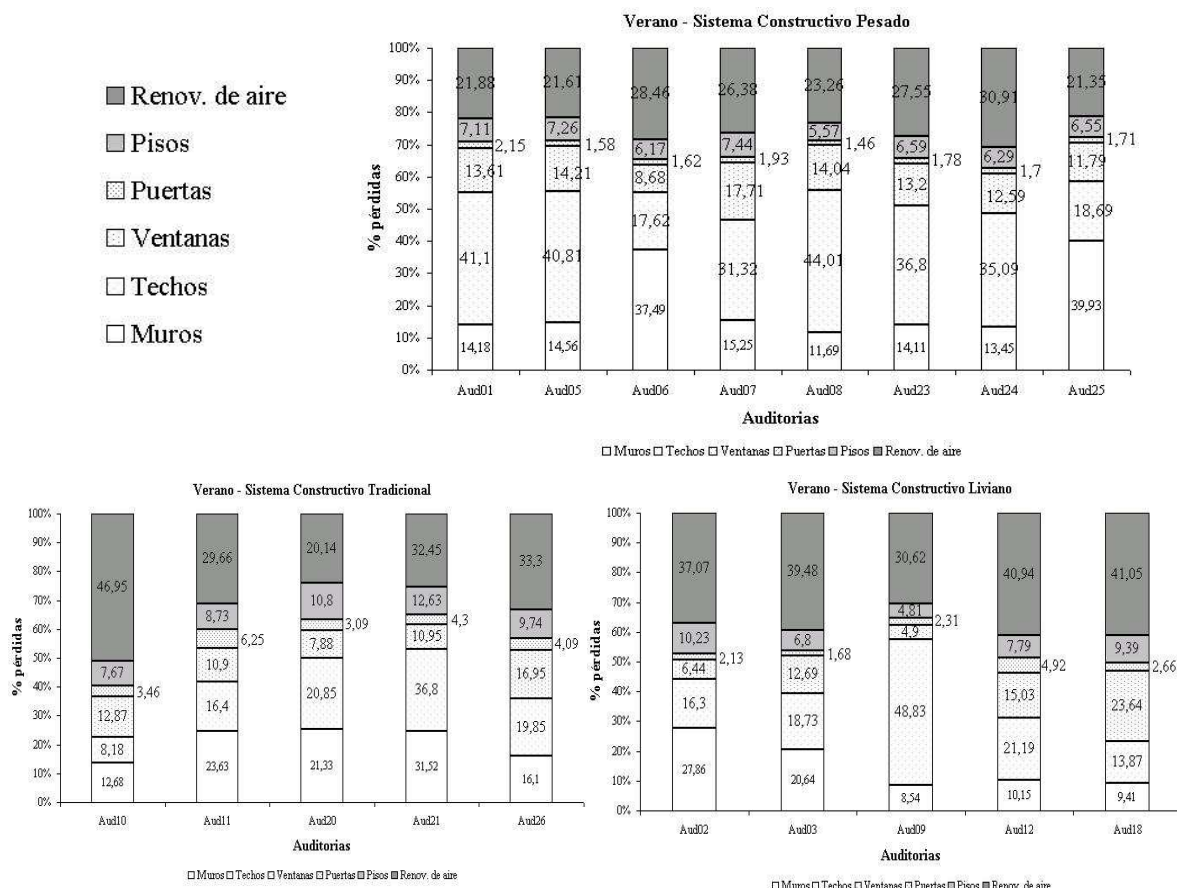


Figura 6: Asignación porcentual de pérdidas térmicas según balance en W/°C para verano.

Del análisis realizado se puede observar que en ambas situaciones del año las viviendas tienen un similar comportamiento, es por esto que a modo de síntesis desarrollaremos un análisis en conjunto de ambas evaluaciones.

Se puede observar en las Figuras 5 y 6 que en los casos A06 y A25 del sistema constructivo pesado, los mayores valores de pérdidas corresponden a muros. En el resto las pérdidas se producen a través de los techos, esto se debe básicamente a que corresponden a viviendas de departamento del último piso, con lo cual este elemento se encuentra expuesto. Esto demuestra que sus características constructivas son de deficiente calidad térmica.

Al analizar el grupo perteneciente al sistema constructivo tradicional, observamos que en el caso A10 y A26 las mayores pérdidas se producen por renovaciones de aire, una respuesta a esto es que, además de no contar con carpinterías acorde al sitio, las fachadas se encuentran al SO, orientación que corresponde a los vientos predominantes de la zona. Otro caso para mencionar es la auditoria A21 la cual para la estación de invierno las mayores perdidas son por muros, la respuesta a esto es que se trata de una vivienda apareada tipo dúplex con lo cual tiene su mayor superficie pertenece a dicho cerramiento y se incrementa por la orientación SE.

## CONCLUSIONES.

Los resultados de las auditorias se ajustaron satisfactoriamente a la hipótesis planteada en sus inicios en el plan de trabajo. Pudimos demostrar que existe una estructura socio-energética que representa un factor común en el universo de encuestas realizadas.

Se demostró que los sistemas constructivos de las diversas operatorias cumplen con las condiciones mínimas de habitabilidad higrotérmica, pero no alcanzan el nivel B establecido en las Normas IRAM. Esto lleva a que el comportamiento térmico no sea el adecuado, generando una gran demanda de GN para climatización. Por otra parte encontramos que hay diferencias entre los datos obtenidos por balance y la información cedida por el Instituto Provincial de la Vivienda. Creemos que es necesario debatir acerca de los niveles de calidad térmica (Nivel C) propuestos para viviendas de interés social.

Se puede observar que más allá del diseño arquitectónico y tecnología utilizada en los sistemas constructivos, el consumo de GN excede los valores necesarios, según balance, para lograr el confort con base 20°C. En concordancia resulta significativa

la opinión de los usuarios que en prácticamente la mitad de la muestra expresa que sea en invierno o verano las viviendas resultan calurosas, sin mucha conciencia que a pesar de las bajas temperaturas exteriores las estufas están encendidas todo el año.

Por último queremos destacar que este análisis puede ser extensivo a toda la provincia de Tierra del Fuego ya que las tecnologías empleadas en las diferentes operatorias de la ciudad de Río Grande son iguales en las otras dos ciudades importantes de la provincia. A pesar de las diferencias microclimáticas de Tohulin y Ushuaia respecto de Río Grande creemos que toda propuesta de mejoramiento para las viviendas de esta, son extrapolables al resto de Tierra del Fuego y extremo sur del país.

## REFERENCIAS.

- Czajkowski, J. y Rosenfeld, E. (1990). "Resultados del análisis energético y de habitabilidad higrotérmica de las tipologías del sector residencial urbano del área metropolitana de Buenos Aires". Actas 14º Reunión de Trabajo de ASADES. Mendoza, Argentina. Pág 131-136
- Czajkowski, J. (1999). "Desarrollo del programa *AuditCad* para el análisis de edificios a partir de auditorias ambientales". AVERMA, Vol 3, N°2, Pág.8.5
- Czajkowski, J., Discoli, C., Rosenfeld, E., Corredera, C. (2003). "Evaluación del comportamiento energético en viviendas urbanas auditadas en La Plata, Buenos Aires, Argentina". Actas VII Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no ambiente Construido y III Conferencia Latinoamericana sobre confort y Comportamiento Térmico de Edificaciones. Curitiba, Brasil. 8 pág.
- Czajkowski J., Corredera C., Diaz C., Belloni P., Elichirigoity C. (2004). "Evaluación del comportamiento energético de un conjunto edilicio de alta densidad en Neuquén". ). Actas 26º Reunión de Trabajo de ASADES. La Plata, Buenos Aires, Argentina. Pág. 67-72.
- Diaz, C. y Czajkowski, J. (2003). "Comportamiento térmico en viviendas populares en Tierra del Fuego. (Argentina). Actas VII Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no ambiente Construido y III Conferencia Latinoamericana sobre confort y Comportamiento Térmico de Edificaciones. Curitiba, Brasil. 4 pág.
- Diaz, C.; Corredera C. y Czajkowski, J. (2005). "Resultados de mediciones de confort higrotérmico en viviendas de interés social en Tierra del Fuego. Campaña de verano". Actas 27º Reunión de Trabajo de ASADES. San Martín de Los Andes, Neuquén, Argentina. Pág. 79-84.
- Diaz, C. y Czajkowski, J. (2006). "Resultados de mediciones de confort higrotérmico en viviendas de interés social en tierra del fuego, argentina. Campaña de invierno". XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construido. Florianópolis - Brasil, 12 páginas.
- Filippin, C., De Rosa, C y Bernardos, J. (1995). "Variación del perfil energético estacional en viviendas de Interés Social en La Pampa". Actas 17º Reunión de Trabajo de ASADES. San Luis, Argentina. Pág. 23-30.
- Nota, V. M.; Ledesma, S. L.; Gonzalo, G. E.; Martinez, C. F.; Tortonese, A. S. (2003). "Evaluación del comportamiento higrotérmico, de asoleamiento y lumínico de edificios de oficinas en San Miguel de Tucumán". Actas 25º Reunión de Trabajo de ASADES. Formosa, Argentina. Pág. 23-30.
- Rosenfeld, E., Discoli, C., Czajkowski, J., San Juan, G., Ferreyro, C., Rosenfeld, Y., Gómez, A., Gentile, C., Martini, I., Hoses, S., Pinedo, A. (1999). Eficiencia energética y URE en los sectores residencial-terciarios metropolitanos. Las aglomeraciones del gran Bs. As. y el Gran La Plata. AVERMA, Vol 3, N°2. Pág.8.17-820.
- Rosenfeld, E., Discoli C., Martini I., San Juan, G., Barbero D., Ferreyro C., Corredera C., Diaz C. (2003). El uso de la energía en el sector residencial del gran La Plata. Discriminación de consumos, cambios tecnológicos y opinión de los usuarios en las décadas del '80 y '90. Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol 7. ISSN 0329-5184. Pág. 07-25.
- Yoshino, H., Guan, S., Lun, Y., Mochida, A., Shigeno, T., Yoshino Y., Zhang, Q. (2004). "Indoor thermal environment of urban residential building in China: winter investigation in five major cities". Energy and buildings. N° 36. Pp. 1227-1233.
- Yung, Z., Chen, B., Guo, Y., Peng, F., Zhao, J. (2004). "Indoor air environment of residential building in Dalian, China". Energy and buildings. N° 36. Pp. 1235-1239.

## ABSTRACT

The results reached are shown in the diagnostic-audit and detailed surveys carried out in low-housing building in the city of Río Grande, Tierra del Fuego. With this results it was made a compared about the technologies used in the constructive systems; the energy consumptions; then this last was related with the user's opinion in the answer of the housing to the climate. Thermal balances were carried out with programs computational in 18 cases. The reached results allowed verifying the hypothesis that, most of encircling's elements of the buildings don't fulfill the values of thermal transmittable settled down by Norms IRAM. Also it was able determine that the excessive heating use in the living habits of occupant, is due to the high subsidy.

**Keywords:** Save and efficient use of the energy, thermal behavior, low-housing building.